STATIKA 1

MODUL 1

PENGERTIAN DASAR STATIKA

Dosen Pengasuh :
Ir. Thamrin Nasution

Materi Pembelajaran :

1. Pengertian Dasar Statika.
   - Gaya.
   - Pembagian Gaya Menurut Macamnya.
     - Gaya terpusat.
     - Gaya terbagi rata.
     - Gaya Momen, Torsi.
   - Menyusun Dan Menguraikan Gaya.
     - Metode Analitis.
     - Metode Grafis.
2. Gaya-gaya Dalam.
   - Pengertian.
   - Gaya Normal.
   - Gaya Lintang Geser.
   - Momen Lentur.
3. Perletakan/Tumpuan.
   - Tumpuan Sendi.
   - Tumpuan Rol.
   - Tumpuan Jepit.
   - Aplikasi.
   - Perjanjian Tanda.

Tujuan Pembelajaran :

- *Mahasiswa memahami dan mengetahui tentang gaya-gaya, menyusun dan menguraikan gaya, gaya-gaya dalam serta perletakan.*

DAFTAR PUSTAKA

a) Soemono, Ir., "*STATIKA 1*", Edisi kedua, Cetakan ke-4, Penerbit ITB, Bandung, 1985.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pemilik hak cipta photo-photo, buku-buku rujukan dan artikel, yang terlampir dalam modul pembelajaran ini.

Semoga modul pembelajaran ini bermanfaat.

Wassalam
Penulis
Thamrin Nasution
thamrinnst.wordpress.com
thamrin_nst@hotmail.co.id

PENGERTIAN DASAR STATIKA

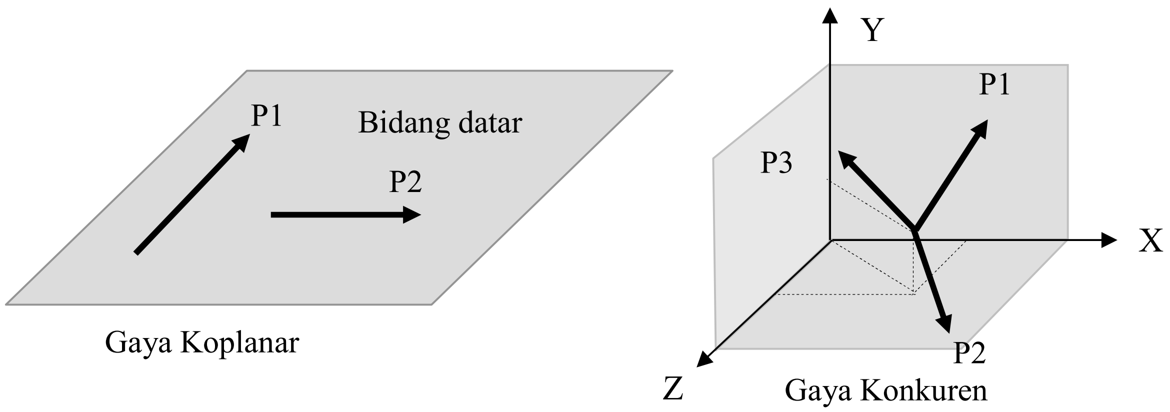
A. **GAYA**

Dalam mekanika teknik, gaya dapat diartikan sebagai muatan yang bekerja pada suatu konstruksi.

1. SIFAT GAYA.

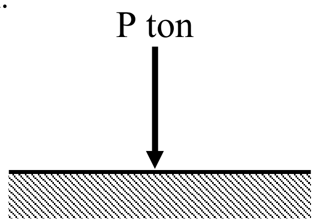
   a. Mempunyai besaran (kg, ton dsb).
   b. Mempunyai arah.
   c. Mempunyai titik tangkap.

Semua gaya yang garis kerjanya terletak pada satu bidang datar disebut KOPLANAR.
Semua gaya yang garis kerjanya berpotongan pada satu titik disebut gaya KONKUREN (bertitik pegang tunggal).

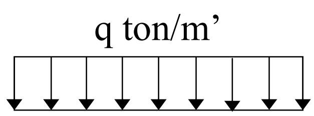


2. PEMBAGIAN GAYA MENURUT MACAMNYA.

a. Gaya Terpusat (point load).
   - Akibat berat orang.
   - Berat kolom.
   - Roda kenderaan.
   - Dll.

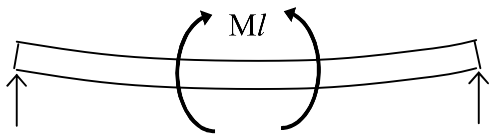


b. Gaya Terbagi Rata (distributed load).
   - Akibat berat lantai, balok pada bangunan, dsb.
   - Angin pada dinding ataupun atap bangunan.
   - Air pada bendungan.

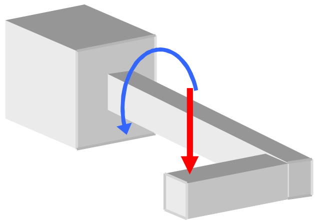


c. Gaya Momen.
   - Momen lentur
   - Momen Torsi (puntir).

   (momen = gaya x lengan gaya).



Momen lentur



Momen torsi

B. MENYUSUN DAN MENGURAIKAN GAYA PADA BIDANG DATAR.

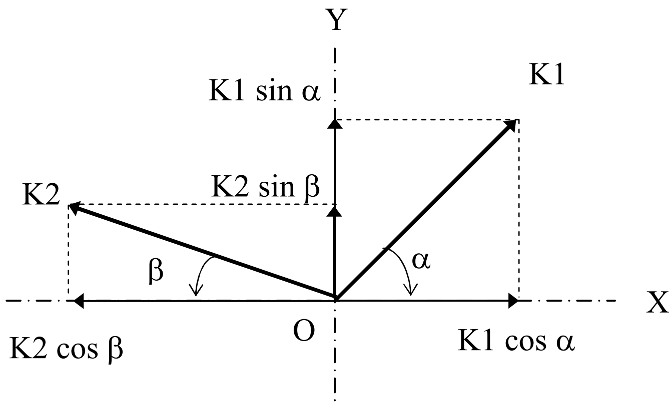
Tujuan : Mencari besar, arah dan letak titik tangkap resultan gaya.

1. METODE ANALITIS.

Sejumlah gaya dapat digantikan oleh satu gaya yang disebut RESULTAN GAYA.

a. Gaya Konkuren.

Perhatikan gambar kumpulan gaya berikut yang terletak pada bidang X-Y,



$K1x = K1 \cos \alpha$ $\qquad$ $K2x = K2 \cos \beta$

$K1y = K1 \sin \alpha$ $\qquad$ $K2y = K2 \sin \beta$

Perjanjian tanda,

- arah gaya kekanan dan keatas bertanda positip (+),
- arah gaya kekiri dan kebawah bertanda negatip (-).

Besar resultan gaya,

- pada sumbu X,

$$Rx = \Sigma\, Kx = K1x - K2x = K1 \cos \alpha - K2 \cos \beta$$

- pada sumbu Y,

$$Ry = \Sigma\, Ky = K1y + K2y = K1 \sin \alpha + K2 \sin \beta$$

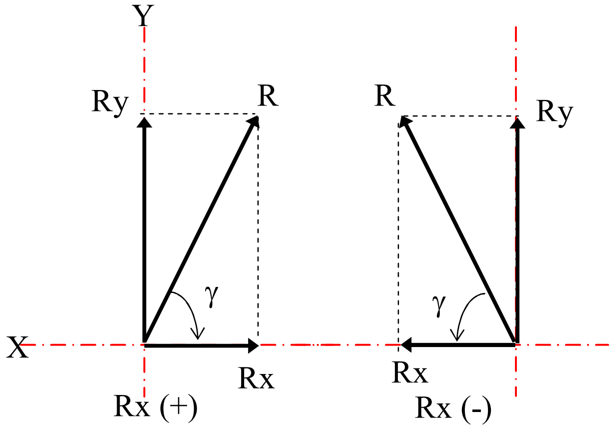
Maka resultan gaya,

$$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2}$$

Resultan ini bekerja melalui titik O.

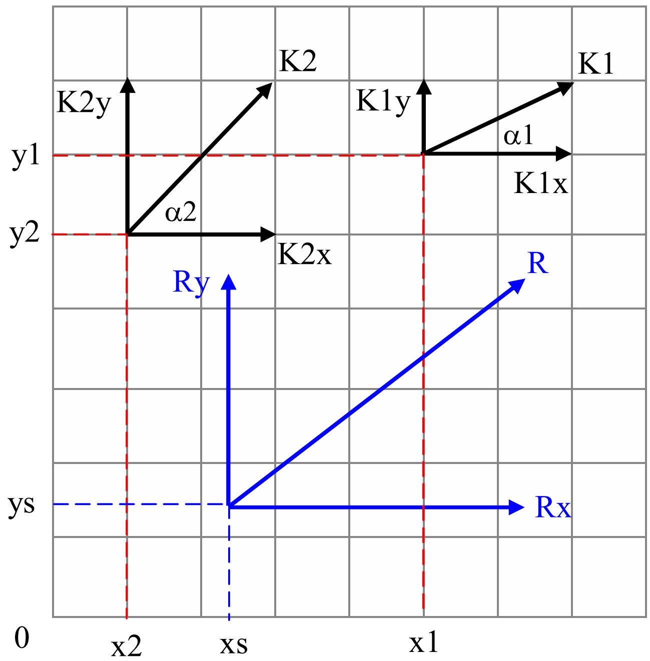
Arah resultan gaya,

$$\tan\gamma = \frac{Ry}{Rx}$$



b. Gaya Tidak Konkuren.

Perhatikan gambar kumpulan gaya berikut yang terletak pada bidang X-Y,



Komponen gaya pada sumbu X dan Y,

$K1x = K1 \cos \alpha 1$ $\quad$ $K1y = K1 \sin \alpha 1$

$K2x = K2 \cos \alpha 2$ $\quad$ $K2y = K2 \sin \alpha 2$

$$Rx = \Sigma\ Kx = K1x + K2x = K1 \cos \alpha 1 + K2 \cos \alpha 2$$

$$Ry = \Sigma\ Ky = K1y + K2y = K1 \sin \alpha 1 + K2 \sin \alpha 2$$

Resultan,

$$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2}$$

Letak titik tangkap gaya resultan.

Untuk mencari letak titik tangkap resultan R adalah dengan menghitung momen Mx dan My terhadap titik O (pusat sumbu X-Y), dimana momen sama dengan gaya dikali lengan gaya seperti berikut,

$$\left.\begin{array}{l} Mx = K1x \,.\, y1 \;+\; K2x \,.\, y2 = \Sigma\, Kx \,.\, y \\ My = K1y \,.\, x1 \;+\; K2y \,.\, x2 = \Sigma\, Ky \,.\, x \end{array}\right\} \quad ....(1)$$

Titik tangkap resultan R dinamakan titik (s) dengan koordinat (xs,ys), maka momen akibat resultan gaya,

$$\left.\begin{array}{lll} Mx = Rx \,.\, ys \;\; ; & My = Ry \,.\, xs & \\ ys = \dfrac{Mx}{Rx} & ; \quad xs = \dfrac{My}{Ry} & \end{array}\right\} \quad ....(2)$$

Substitusikan (1) kedalam (2),

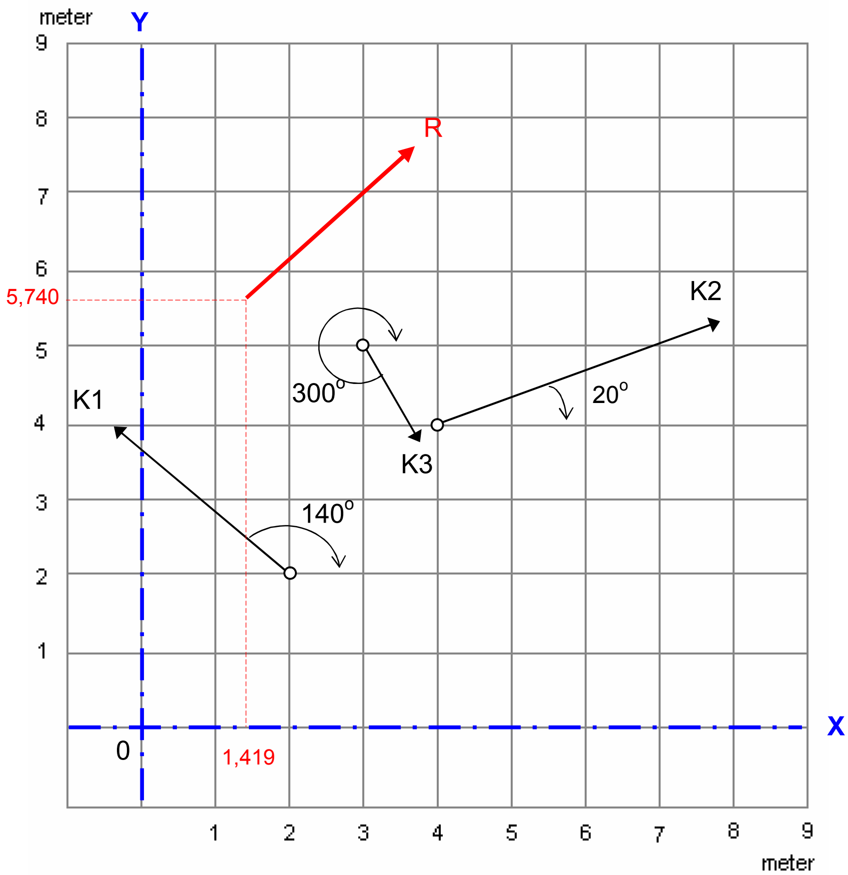
$$xs = \frac{\sum Ky.x}{Ry} \quad ; \quad ys = \frac{\sum Kx.y}{Rx}$$

Arah resultan,

$$\tan\gamma = \frac{Ry}{Rx}$$

Contoh soal :

1).



<u>Diketahui :</u> Gaya-gaya seperti tergambar, K1 = 6 ton, K2 = 8 ton, K3 = 3 ton dengan koordinat titik tangkap gaya-gaya (2,2), (4,4) dan (5,3). Arah masing-masing gaya $\alpha1 = 140^o$, $\alpha2 = 20^o$ dan $\alpha3 = 300^o$.

<u>Ditanya :</u> Besar resultan gaya, letak titik tangkap resultan dan arahnya.

<u>Penyelesaian :</u>

- Resultan pada sumbu X,

$Rx = \Sigma Kx = K1 \cos \alpha 1 + K2 \cos \alpha 2 + K3 \cos \alpha 3$

$= (6).\cos 140^o + (8).\cos 20^o + (3).\cos 300^o$

$= - 4,596 + 7,518 + 1,500$

$Rx = + 4,422$ ton (kekanan).

- Resultan pada sumbu Y,

$Ry = \Sigma Ky = K1 \sin \alpha 1 + K2 \sin \alpha 2 + K2 \sin \alpha 2$

$= (6).\sin 140^o + (8).\sin 20^o + (3).\sin 300^o$

$= 3,857 + 2,736 – 2,598$

$Ry = + 3,995$ ton (keatas)

- Resultan total,

$$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2} = \sqrt{(4,422)^2 + (3,995)^2} = 5,959 \text{ ton}$$

- Arah resultan,

$$\tan \gamma = \frac{Ry}{Rx} = \frac{3,995}{4,422} = 0,90344$$

γ = arc tan (0,90344) = 42^o 05' 45"

- Letak titik tangkap gaya resultan pada sumbu X dan Y.

Momen terhadap sumbu X,

$Mx = K1x \,.\, y1 + K2x \,.\, y2 + K3x \,.\, y3$

$= (6).\cos 140^o.(2) + (8).\cos 20^o.(4) + (3).\cos 300^o.(3)$

$= - 9,193 + 30,070 + 4,500$

$Mx = 25,378$ t.m'.

Momen terhadap sumbu Y,

$My = K1y \,.\, x1 + K2y \,.\, x2 + K3y \,.\, x3$

$= (6).\sin 140^o.(2) + (8).\sin 20^o.(4) + (3).\sin 300^o.(5)$

$= 7,713 + 10,945 – 12,990$

$My = 5,668$ t.m'.

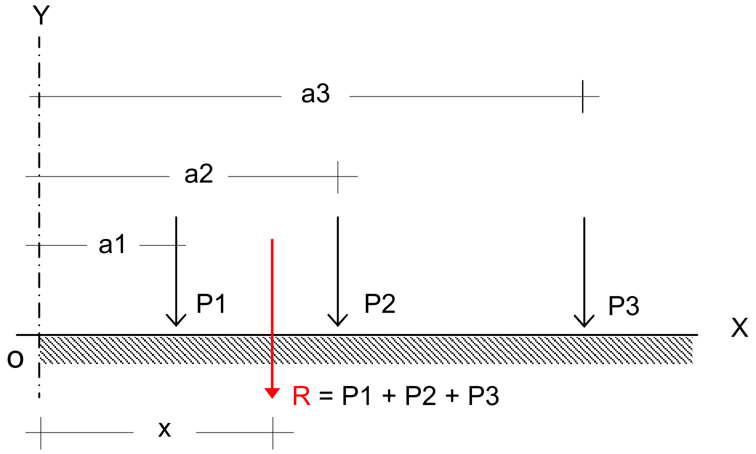
$Mx = Rx \,.\, ys$

$$ys = \frac{Mx}{Rx} = \frac{25,378}{4,422} = 5,740 \text{ m.}$$

$My = Ry \,.\, xs$

$$xs = \frac{My}{Ry} = \frac{5,668}{3,995} = 1,419 \text{ m.}$$

2). Tentukan besar dan letak titik tangkap gaya resultan berikut.



Penyelesaian :

- Besar resultan,

$$R = P1 + P2 + P3$$

- Letak titik tangkap gaya resultan,

$$x . R = P1 . a1 + P2 . a2 + P3 . a3$$

$$x = \frac{P1.a1 + P2.a2 + P3.a3}{R}$$

atau

$$x = \frac{P1.a1 + P2.a2 + P3.a3}{P1+P2+P3}$$

Apabila,

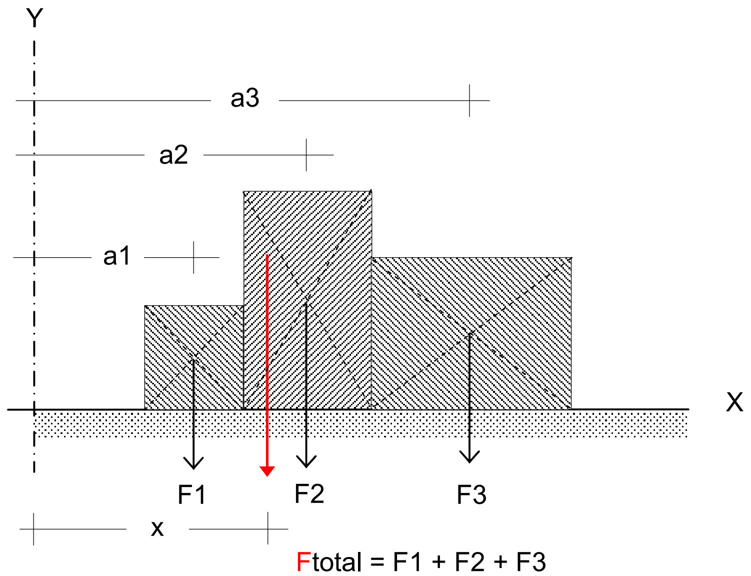
P1 = 1 ton ; P2 = 2 ton ; P3 = 3 ton dan
a1 = 1 meter ; a2 = 3 meter ; a3 = 6 meter

maka,

$$x = \frac{(1t).(1m) + (2t).(3m) + (3t).(6)}{(1t) + (2t) + (3t)}$$

x = 4,167 meter (dari sb-Y).

3). Mencari letak titik berat luasan.



- Besar resultan,

$$R = Ftotal = F1 + F2 + F3$$

- Letak titik tangkap gaya resultan,

$$x \,.\, R = F1 \,.\, a1 + F2 \,.\, a2 + F3 \,.\, a3$$

$$x = \frac{F1.a1 + F2.a2 + F3.a3}{R}$$

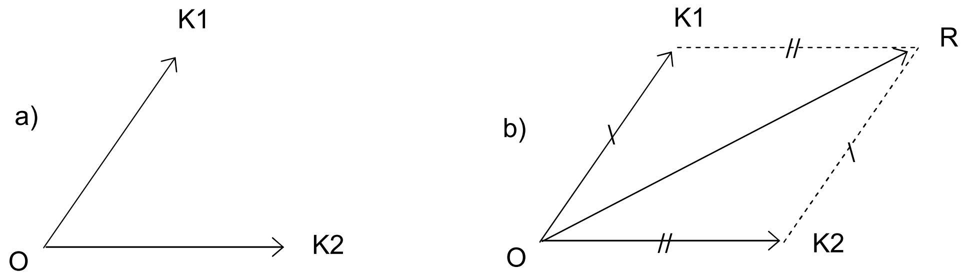
atau

$$x = \frac{F1.a1 + F2.a2 + F3.a3}{F1 + F2 + F3} \text{ (dari sumbu Y).}$$

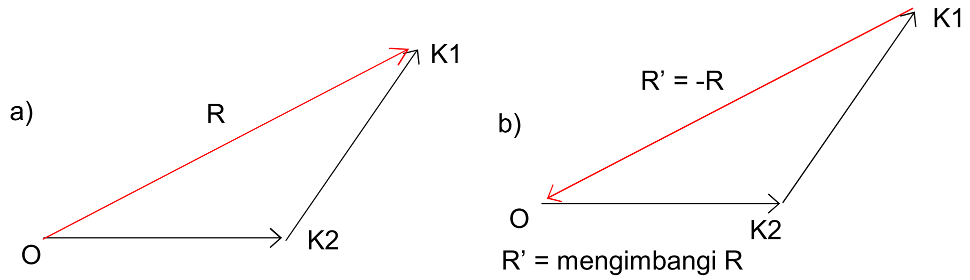
2. METODE GRAFIS.

A). POLIGON GAYA.

Apabila terdapat dua gaya K1 dan K2 seperti gambar berikut,

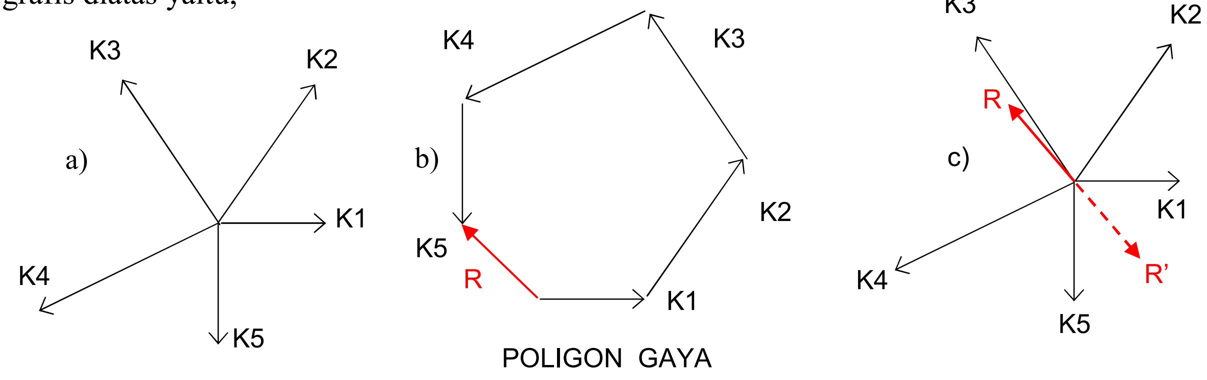


Maka resultan dapat dicari dengan cara, menarik garis yang paralel dengan gaya K1 dan K2, kemudian ditarik garis dari titik O ketitik perpotongan kedua garis tadi, hasil ini disebut *paralelogram gaya*. Untuk mempercepat proses pekerjaan dapat digambarkan sebagai berikut,



a. Gaya bersifat konkuren.

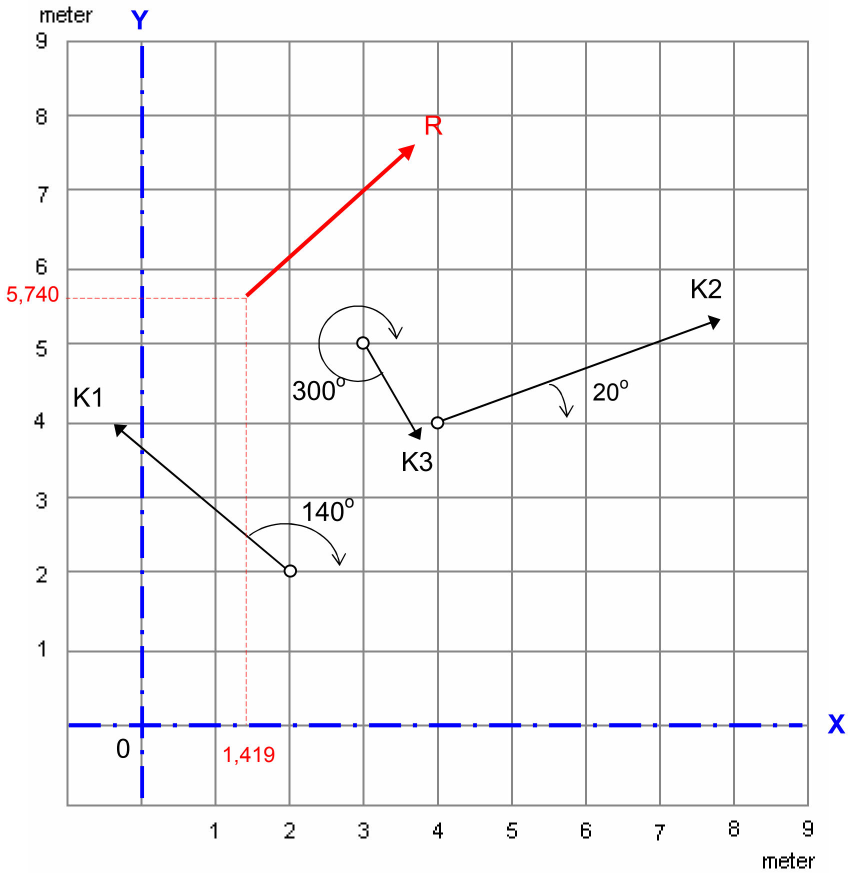
Apabila terdapat gaya seperti gambar berikut, maka resultan R dapat dicari seperti cara grafis diatas yaitu,



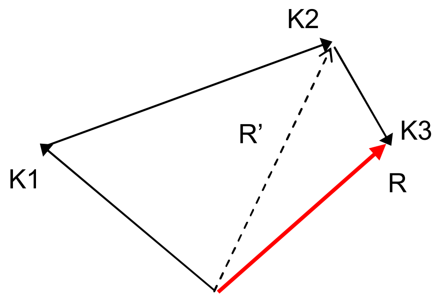
Untuk menggambarkan gaya-gaya K1...K5 harus dilakukan dengan skala sehingga menghasilkan gambar b) diatas yang disebut *poligon gaya*.

b. Gaya tidak konkuren.

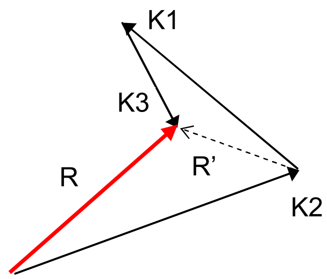
Sebagai contoh gaya tidak konkuren, ambil contoh soal pada cara analitis sebelumnya.



Maka penyelesaian grafis adalah sebagai berikut,



cara pertama

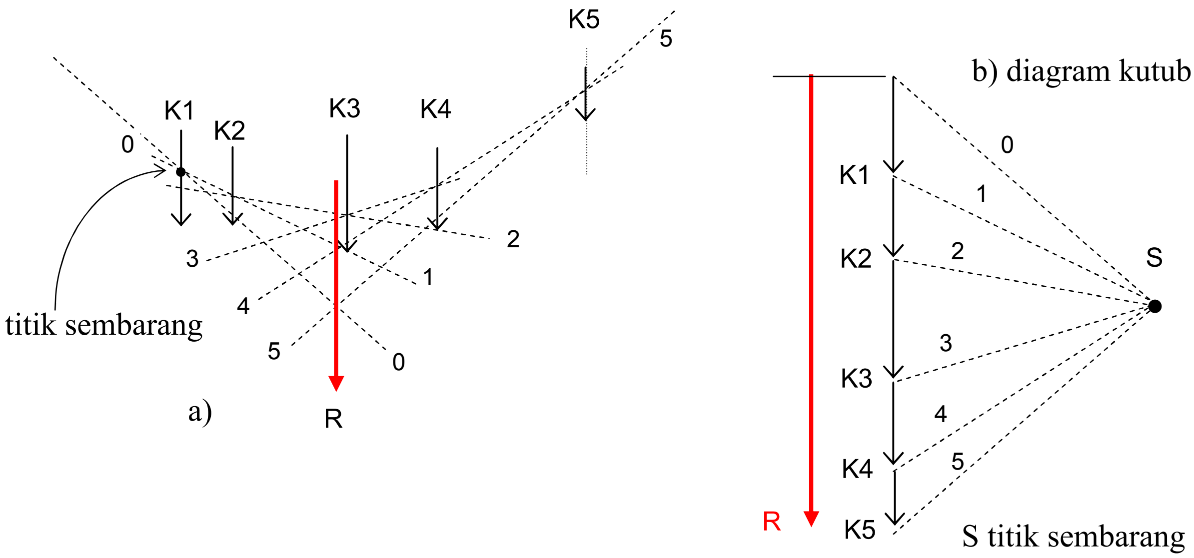


cara kedua

B). POLIGON BATANG.

Pada cara ini resultan R dari gaya-gaya yang tidak konkuren dapat dicari beserta titik tangkapnya, lihat contoh-contoh berikut.

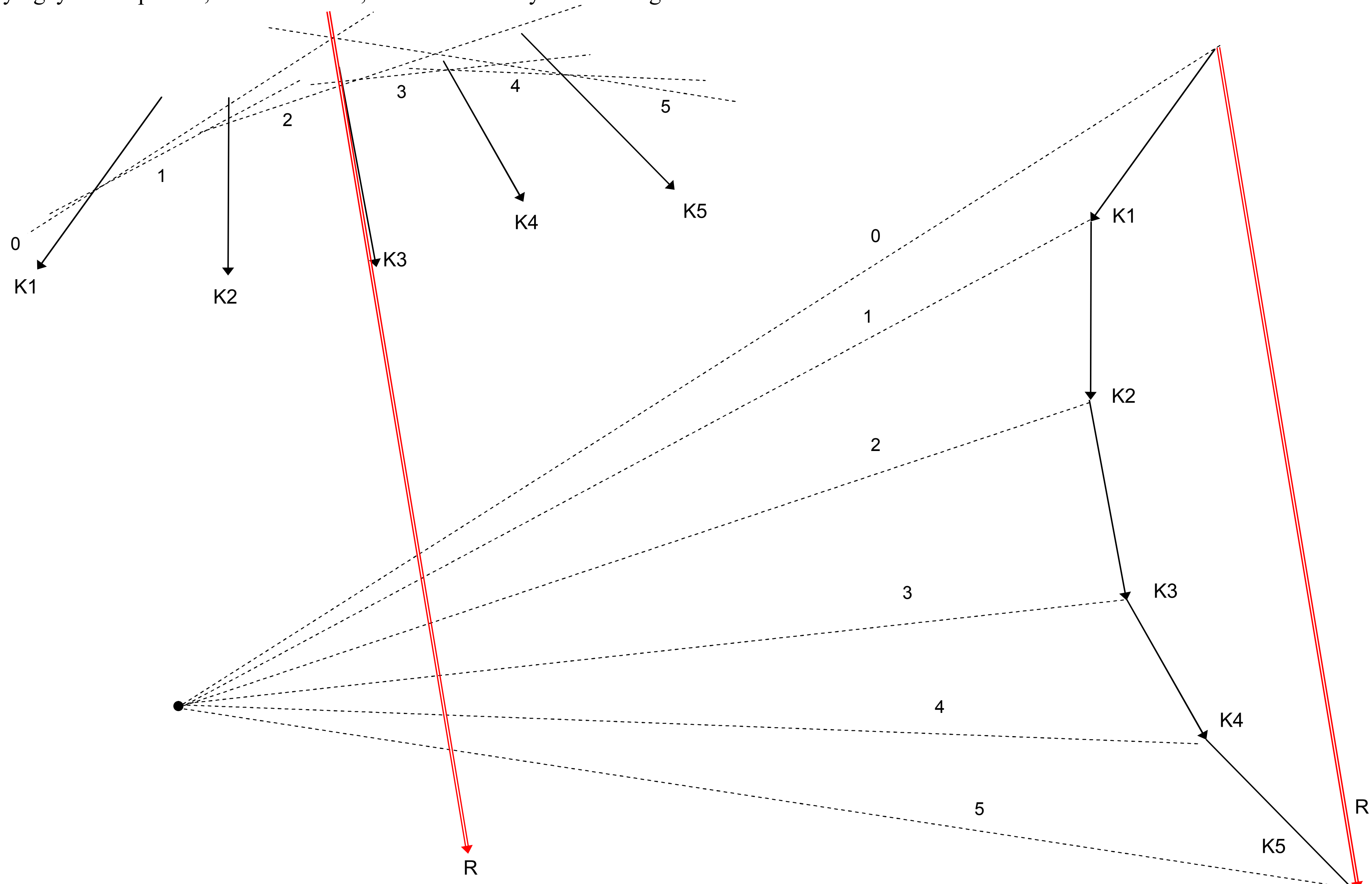
1). Gaya-gaya paralel secara vertikal, besar dan letaknya sembarang.



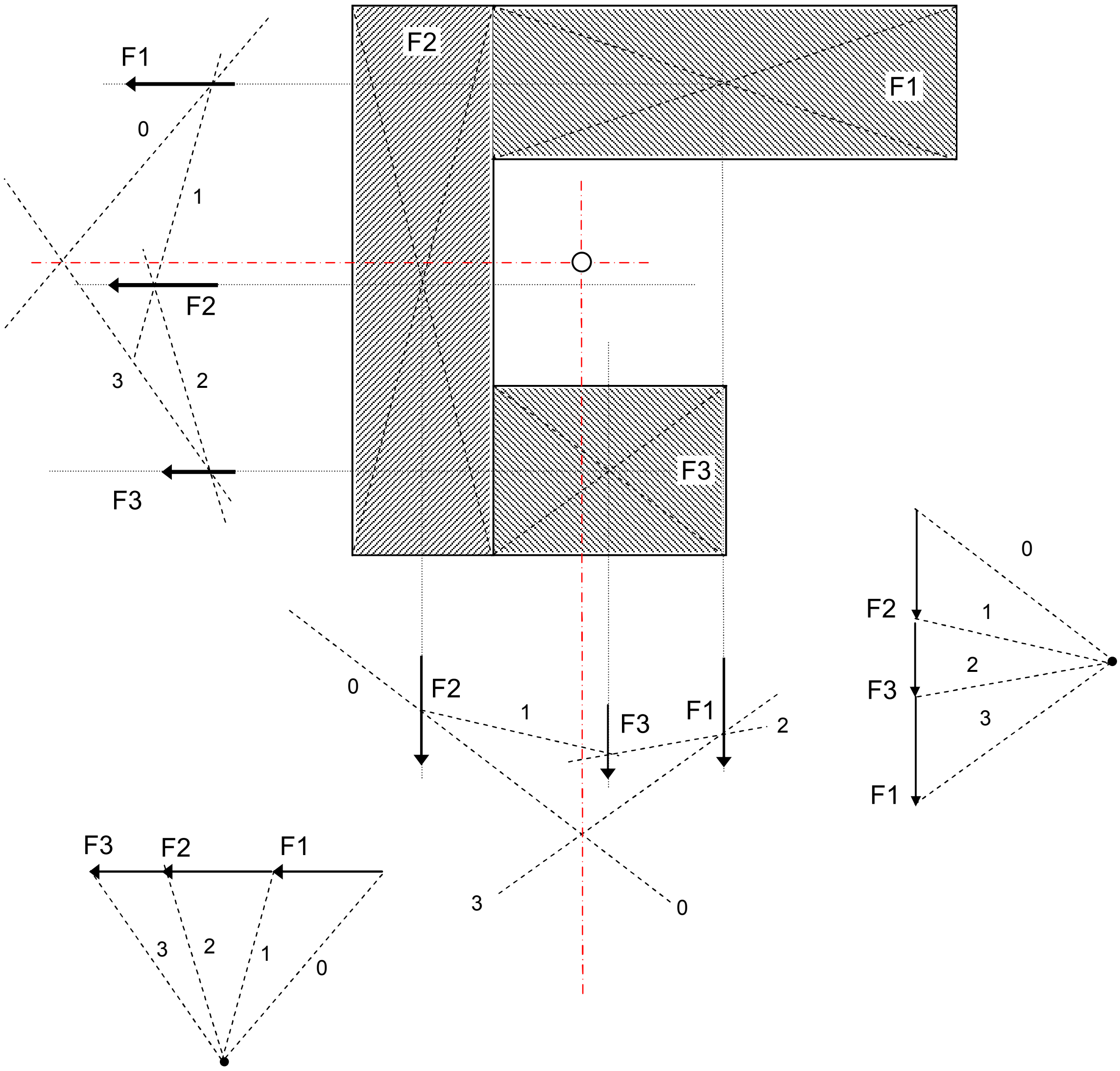
Langkah-langkah penyelesaian grafis mencari resultan R adalah dengan menggambarkan pertama kali diagram kutubnya (dengan memakai skala gaya), yaitu :

a. Susunlah gaya-gaya K1...K5 seperti terlihat pada gambar b).
b. Buat titik sembarang S.
c. Tarik garis yang menghubungkan titik S dengan ujung atas gaya K1 dan selanjutnya dinamakan garis 0.
d. Kemudian hubungkan pula titik S dengan ujung gaya K2, dinamakan garis 1, dan seterusnya sampai dengan garis 5.
e. Setelah diagram kutub selesai, buat gambar a), dengan cara menarik garis yang sejajar (//) dengan garis 0 memotong gaya K1 pada titik sembarang.
f. Pada titik perpotongan ini (yaitu pada gaya K1), tarik garis sejajar (//) dengan garis 1 sampai memotong gaya K2. Dan seterusnya digambarkan sampai dengan garis yang sejajar garis 5 yang memotong gaya K5.
g. Perpanjanglah garis 0 dan garis 5 sampai keduanya saling berpotongan satu sama lain. Titik potong ini adalah merupakan titik tangkap gaya resultan R.

2). Gaya-gaya tidak paralel, tidak konkuren, besar dan letaknya sembarang.



3).Gambar/lukisan tidak simetris.
Mencari letak titik berat poligon batang.



C. KEADAAN SEIMBANG.

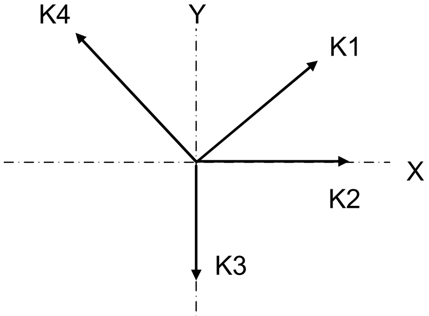
Jika benda dibebani dengan gaya-gaya dan ternyata benda tersebut tidak bergerak maka benda tersebut dikatakan dalam keadaan seimbang statis, artinya gaya-gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang statis antara gaya aksi dan reaksi.
Contoh gaya konkuren berikut,

Gaya-gaya seimbang apabila,

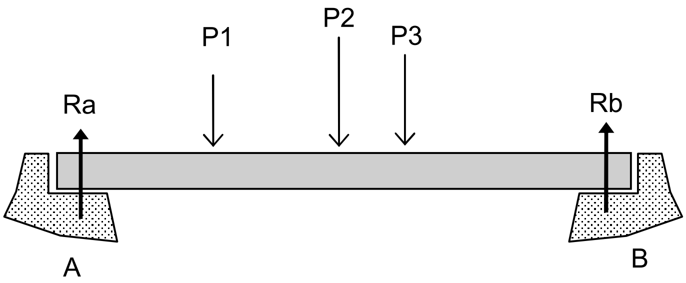
$$Rx = \Sigma\, Kx = 0$$

$$Ry = \Sigma\, Ky = 0$$

$$R = \sqrt{Rx^2 + Ry^2}$$



Dalam bentuk aplikasi pada jembatan seperti berikut,



Balok diatas dua tumpuan (A dan B), dalam keadaan seimbang statis terdapat gaya-gaya,

Ra + Rb = P1 + P2 + P3

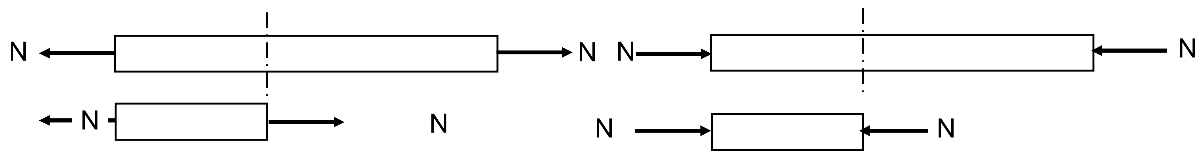
GAYA-GAYA DALAM

1. PENGERTIAN.

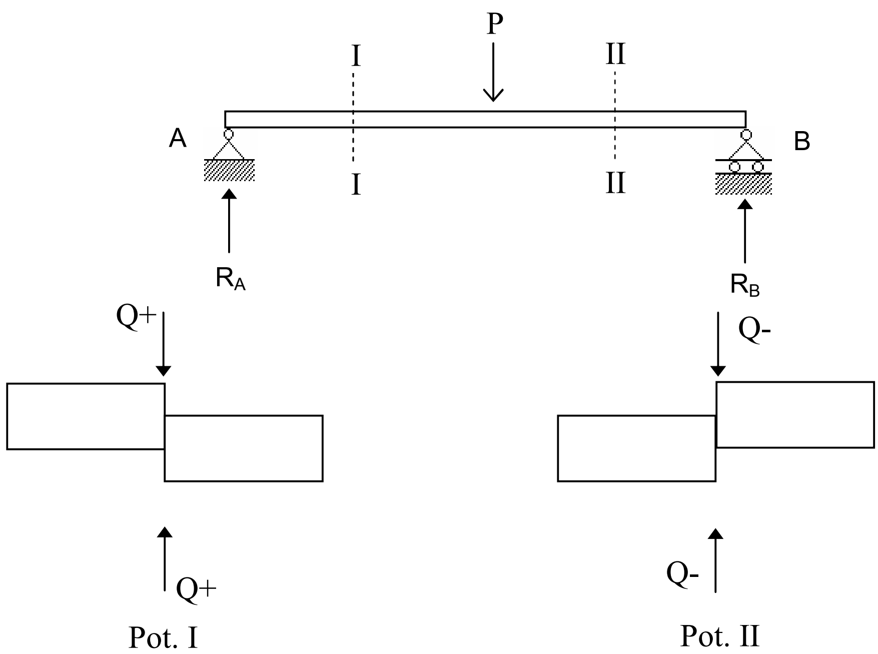
Gaya yang dipikul suatu konstruksi akan disalurkan ke setiap bagian dari konstruksi. Gaya yang disalurkan ini disebut *gaya dalam*. Gaya dalam ini menimbuljan perobahan bentuk (deformasi) pada bagian konstruksi, yang dilawan oleh tegangan didalamnya, sehingga keseimbangan dalam tercapai. Gaya-gaya dalam ini berupa GAYA NORMAL, GAYA LINTANG/GESER, GAYA MOMEN LENTUR dan MOMEN TORSI.

2. Gaya Normal.

Gaya normal dapat berupa tekan atau tarik seperti berikut,



3. Gaya Lintang/Geser.



Dimana,

P = gaya luar
R_A = gaya reaksi pada perletakan/tumpuan A.
R_B = gaya reaksi pada perletakan/tumpuan B.
Q = gaya lintang (gaya/perlawanan dalam).

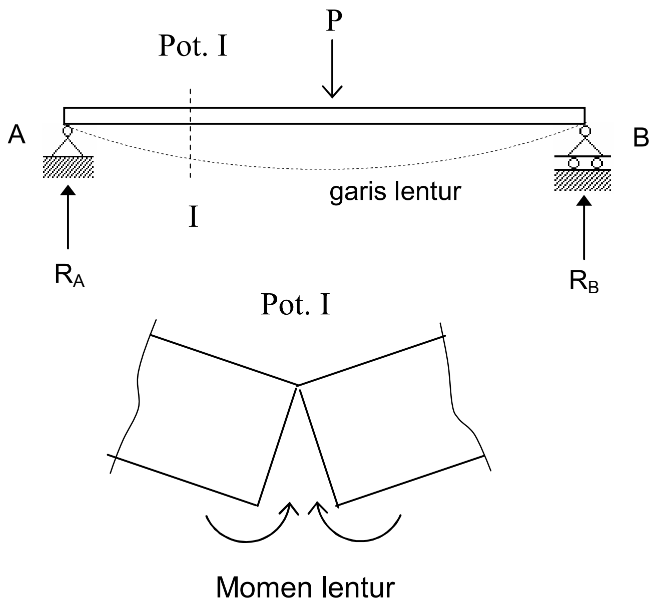
Potongan I.

Akibat gaya reaksi R_A elemen balok sebelah kiri terangkat keatas, oleh gaya dalam (gaya lintang) dikembalikan kebentuk semula, pada keadaan ini disebut gaya lintang positip (Q+).

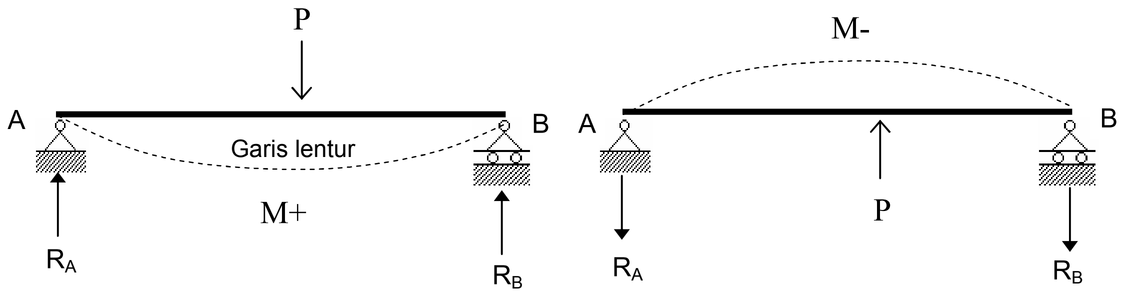
Potongan II.

Identik dengan peristiwa diatas (pot. I), elemen sebelah kanan yang terangkat keatas, sehingga menghasilkan gaya lintang negatip (Q-).

4. Momen Lentur.

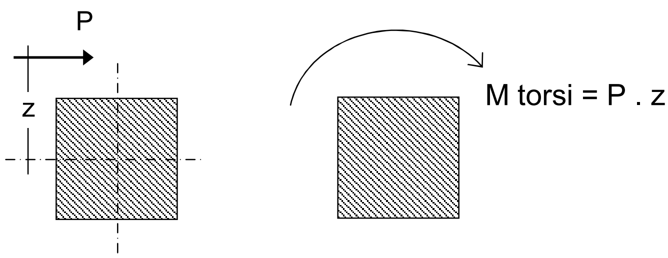


Akibat gaya luar P maka balok akan melentur, oleh gaya dalam momen lentur kondisi ini akan dilawan sehingga terdapat keseimbangan dalam.



5. Momen Torsi.

Tampang balok me-
nahan momen torsi/
puntir sebesar,
M torsi = P . z

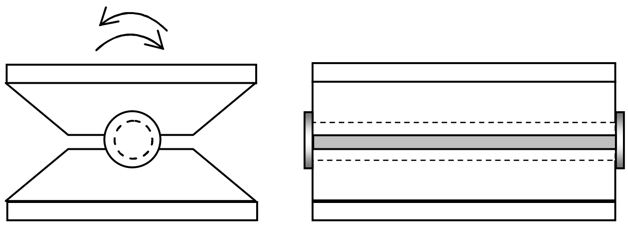


PERLETAKAN / TUMPUAN

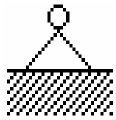
Semua bangunan (konstruksi) terletak diatas tumpuan/perletakan. Fungsi tumpuan adalah menyalurkan gaya-gaya luar yang bekerja pada konstruksi dan berat konstruksi itu sendiri ke bagian bawahnya. Sehingga terdapat reaksi-reaksi yang mengimbangi gaya-gaya luar tadi dan berat konstruksi.

Jenis-Jenis Tumpuan.

1. Tumpuan Sendi.

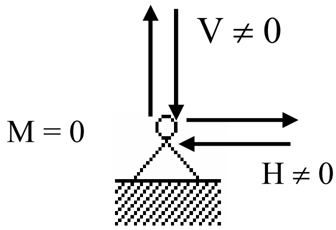


Konstruksi sendi



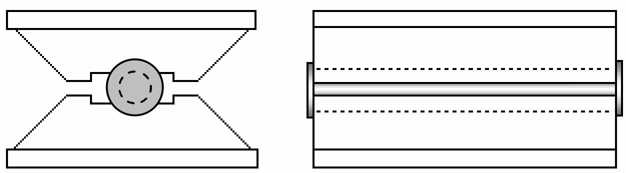
Simbol

Gaya-gaya yang dapat/tidak dapat bekerja pada sendi,



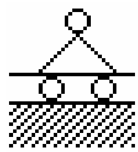
- V = gaya vertikal tidak sama dengan nol.
- V ≠ 0 (dapat memikul gaya vertikal).
- H = gaya-gaya horisontal tidak sama dengan nol.
- H ≠ 0 (tidak dapat bergeser kesamping, dapat memikul gaya horisontal).
- M = momen sama dengan nol.
- M = 0 (tidak dapat memikul momen, karena sendi dapat perputar pada porosnya).

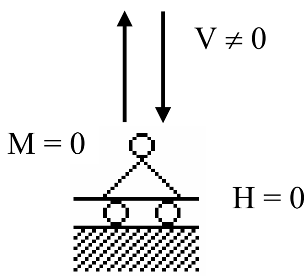
2. Tumpuan Rol.



Konstruksi rol

Simbol

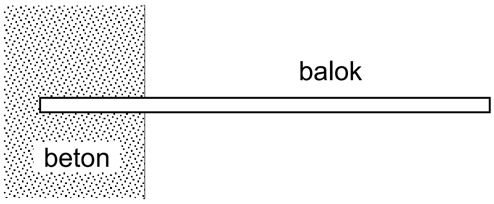




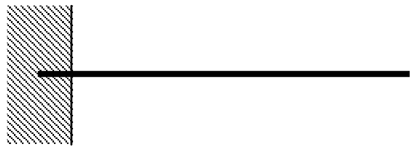
Gaya-gaya yang dapat/tidak dapat bekerja pada rol,

- V = gaya vertikal tidak sama dengan nol.
- V ≠ 0 (dapat memikul gaya vertikal).
- H = gaya-gaya horisontal sama dengan nol.
- H = 0 (dapat bergeser kesamping, tidak dapat memikul gaya horisontal).
- M = momen sama dengan nol.
- M = 0 (tidak dapat memikul momen, karena sendi dapat perputar pada porosnya).

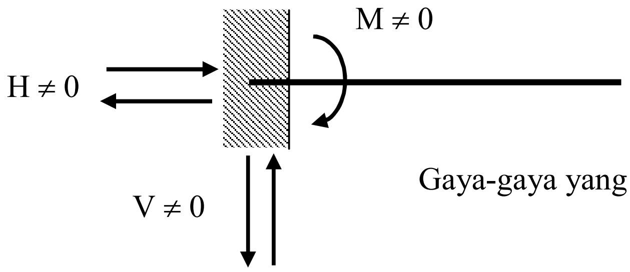
3. Tumpuan Jepit.



Konstruksi perletakan jepit



S i m b o l

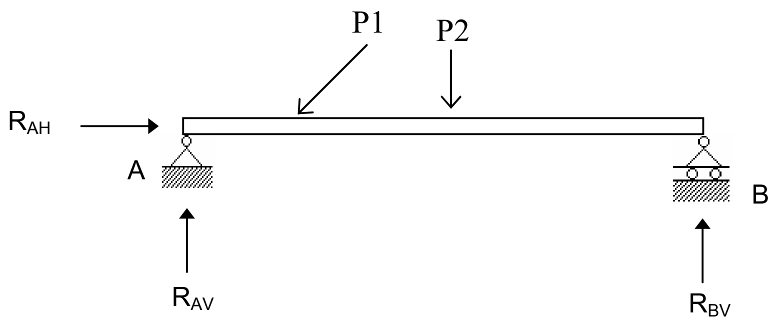


Gaya-gaya yang bekerja

Gaya-gaya yang dapat/tidak dapat bekerja pada perletakan jepit,

V = gaya vertikal tidak sama dengan nol.
$V \neq 0$ (dapat memikul gaya vertikal).
H = gaya-gaya horisontal tidak sama dengan nol.
$H \neq 0$
M = momen sama dengan nol.
$M \neq 0$ (dapat memikul momen)

4. Aplikasi,



Gaya-gaya P1 dan P2 yang bekerja pada konstruksi dan reaksi-reaksi dari tumpuan sendi (R_{AH}, R_{AV}) dan tumpuan rol (R_{BV}) berada dalam keadaan seimbang statis. Dalam Penyelesaian digunakan syarat seimbang pada gaya koplanar, yaitu

Σ gaya-gaya vertikal = 0 ($\Sigma V = 0$),
Σ gaya-gaya horisontal = 0 ($\Sigma H = 0$),
Σ momen pada tumpuan sendi = 0 ($\Sigma M_A = 0$),
Σ momen pada tumpuan rol = 0 ($\Sigma M_B = 0$).

Jadi ada empat persamaan dengan tiga variabel yang tidak diketahui, yaitu R_{AH}, R_{AV} dan R_{BV}, oleh karena itu struktur disebut *Statis tertentu*.

Apabila perletakan rol B diganti dengan sendi, maka variabel yang tidak diketahui menjadi 4 (empat) yaitu R_{AH}, R_{AV}, R_{BH} dan R_{BV} dengan empat persamaan, struktur ini menjadi *Statis tidak tertentu*.

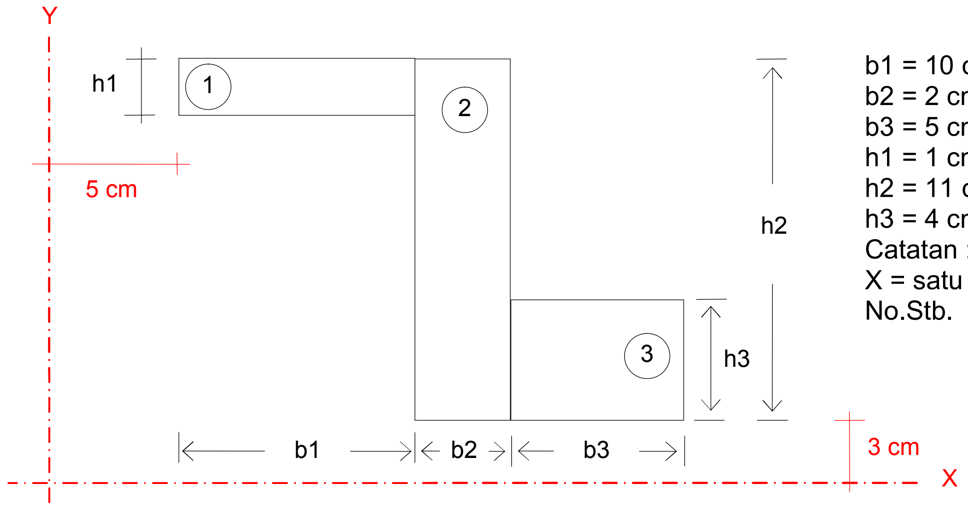
5. Perjanjian Tanda.

Dalam perhitungan statika dipakai perjanjian tanda seperti berikut :

a. Gaya-gaya vertikal yang arahnya menuju keatas dianggap positip, sedangkan gaya-gaya vertikal yang arahnya menuju kebawah dianggap negatip.
b. Gaya-gaya horisontal yang arahnya menuju kekanan dianggap positip, sedangkan gaya-gaya horisontal yang arahnya menuju kekiri dianggap negatip.
c. Momen yang menyebabkan serat sebelah atas balok tertekan dan serat bawah tertarik dianggap positip, sedangkan momen yang menyebabkan serat balok sebelah atas tertarik dan bawah tertekan dianggap negatip.
d. Gaya normal tekan bertanda negatip, dan gaya normal tarik bertanda positip.
e. Gaya lintang bertanda positip apabila reaksi perletakan kiri menekan balok kearah atas dan gaya luar menekan balok kearah bawah, kebalikan dari peristiwa ini gaya lintang bertanda negatip.
f. Jumlah aljabar momen pada tumpuan/perletakan bertanda positip apabila arah putaran momen searah jarum jam, sebaliknya jumlah aljabar momen pada perletakan bertanda negatip bila arah putaran berlawanan jarum jam.

WORKSHOP/PELATIHAN

Diketahui penampang dengan ukuran-ukuran seperti tergambar. Tentukanlah letak pusat pusat berat dengan cara analitis dan grafis terhadap sb-X dan sb-Y.



b1 = 10 cm + X
b2 = 2 cm + X/2
b3 = 5 cm + X
h1 = 1 cm + X/2
h2 = 11 cm + X
h3 = 4 cm + X/2
Catatan :
X = satu angka terakhir No.Stb.

<u>Penyelesian :</u>
<u>CARA ANALITIS</u>
X = -1
b1 = 9 cm ; b2 = 1,5 cm ; b3 = 4 cm ; h1 = 0,5 cm ; h2 = 10 cm ; h3 = 3,5 cm
a). Luas.

F1 = b1 . h1 = (9 cm) . (0,5 cm) = 4,5 cm^2.
F2 = b2 . h2 = (1,5 cm) . (10 cm) = 15,0 cm^2.

F3 = b3 . h3 = (4 cm) . (3,5 cm) = 14,0 cm^2.
Jumlah Ftotal = 33,5 cm^2.

b). Letak Pusat Berat Penampang Terhadap sb-X dan sb-Y.

x1 = (5 cm) + ½ b1 = 1/2 (9 cm) + (5 cm) = 9,5 cm.
x2 = (5 cm) + b1 + ½ b2 = (5 cm) + (9 cm) + 1/2 (1,5 cm) = 14,75 cm.
x3 = (5 cm) + b1 + b2 + ½ b3 = (5 cm) + (9 cm) + (1,5 cm) + 1/2 (4 cm) = 17,5 cm.

y1 = (3 cm) + h2 – ½ h1 = (3 cm) + (10 cm) –1/2 (0,5 cm) = 12,75 cm.
y2 = (3 cm) + ½ h2 = (3 cm) + 1/2 (10 cm) = 8 cm.
y3 = (3 cm) + ½ h3 = (3 cm) + 1/2 (3,5 cm) = 4,75 cm.

Mx1 = F1 . y1 = (4,5 cm^2) . (12,75 cm) = 57,375 cm^3.
Mx2 = F2 . y2 = (15 cm^2) . (8 cm) = 120,000 cm^3.
Mx3 = F3 . y3 = (14 cm^2) . (4,75 cm) = 66,500 cm^3.
Jumlah Mx = 243,875 cm^3.

My1 = F1 . x1 = (4,5 cm^2) . (9,5 cm) = 42,750 cm^3.
My2 = F2 . x2 = (15 cm^2) . (14,75 cm) = 221,250 cm^3.
My3 = F3 . x3 = (14 cm^2) . (17,5 cm) = 245,000 cm^3.
Jumlah My = 509,000 cm^3.

$$X = \frac{My}{Ftotal} = \frac{509,000}{33,5}$$ = 15,19 cm dari sumbu Y.

$$Y = \frac{Mx}{Ftotal} = \frac{243,875}{33,5}$$ = 7,28 cm dari sumbu X.

Kunci Jawaban

No. Stb.	b1 cm	b2 cm	b3 cm	h1 cm	h2 cm	h3 cm	F1 cm^2	F2 cm^2	F3 cm^2	Ftotal cm^2	x1 cm	x2 cm	x3 cm
-1	9.0	1.5	4.0	0.5	10.0	3.5	4.5	15.0	14.0	33.5	9.5	14.75	17.50
0	10.0	2.0	5.0	1.0	11.0	4.0	10.0	22.0	20.0	52.0	10.0	16.00	19.50
1	11.0	2.5	6.0	1.5	12.0	4.5	16.5	30.0	27.0	73.5	10.5	17.25	21.50
2	12.0	3.0	7.0	2.0	13.0	5.0	24.0	39.0	35.0	98.0	11.0	18.50	23.50
3	13.0	3.5	8.0	2.5	14.0	5.5	32.5	49.0	44.0	125.5	11.5	19.75	25.50
4	14.0	4.0	9.0	3.0	15.0	6.0	42.0	60.0	54.0	156.0	12.0	21.00	27.50
5	15.0	4.5	10.0	3.5	16.0	6.5	52.5	72.0	65.0	189.5	12.5	22.25	29.50
6	16.0	5.0	11.0	4.0	17.0	7.0	64.0	85.0	77.0	226.0	13.0	23.50	31.50
7	17.0	5.5	12.0	4.5	18.0	7.5	76.5	99.0	90.0	265.5	13.5	24.75	33.50
8	18.0	6.0	13.0	5.0	19.0	8.0	90.0	114.0	104.0	308.0	14.0	26.00	35.50
9	19.0	6.5	14.0	5.5	20.0	8.5	104.5	130.0	119.0	353.5	14.5	27.25	37.50

y1 cm	y2 cm	y3 cm	Mx1 cm^3	Mx2 cm^3	Mx3 cm^3	My1 cm^3	My2 cm^3	My3 cm^3
12.75	8.0	4.75	57.375	120.000	66.500	42.750	221.250	245.000
13.50	8.5	5.00	135.000	187.000	100.000	100.000	352.000	390.000
14.25	9.0	5.25	235.125	270.000	141.750	173.250	517.500	580.500
15.00	9.5	5.50	360.000	370.500	192.500	264.000	721.500	822.500
15.75	10.0	5.75	511.875	490.000	253.000	373.750	967.750	1122.000
16.50	10.5	6.00	693.000	630.000	324.000	504.000	1260.000	1485.000
17.25	11.0	6.25	905.625	792.000	406.250	656.250	1602.000	1917.500
18.00	11.5	6.50	1152.000	977.500	500.500	832.000	1997.500	2425.500
18.75	12.0	6.75	1434.375	1188.000	607.500	1032.750	2450.250	3015.000
19.50	12.5	7.00	1755.000	1425.000	728.000	1260.000	2964.000	3692.000

20.25	13.0	7.25	2116.125	1690.000	862.750	1515.250	3542.500	4462.500

Mx cm^3	My cm^3	X cm	Y cm
243.875	509.000	15.19	7.28
422.000	842.000	16.19	8.12
646.875	1271.250	17.30	8.80
923.000	1808.000	18.45	9.42
1254.875	2463.500	19.63	10.00
1647.000	3249.000	20.83	10.56
2103.875	4175.750	22.04	11.10
2630.000	5255.000	23.25	11.64
3229.875	6498.000	24.47	12.17
3908.000	7916.000	25.70	12.69
4668.875	9520.250	26.93	13.21